# A INFLUÊNCIA DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL NA PRECIPITAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS-SP

Andréa Koga VICENTE1
Lucí Hidalgo NUNES2

## RESUMO

A atuação do El Niño Oscilação Sul (ENOS) influencia o regime de precipitação em diversas regiões do globo. Os eventos se desenvolvem de forma diferente entre si, e conseqüentemente, os efeitos sobre os padrões de pluviosidade também são diversos, dificultando o planejamento de medidas preventivas para absorver os possíveis impactos para a sociedade.

A chuva na região sudeste do Brasil é afetada por manifestações particularmente fortes do fenômeno, quando são observadas elevações nos totais anuais.

Considerando que as implicações para a sociedade ocorrem em escala local, neste trabalho são discutidos os efeitos do ENOS nos padrões de precipitação da Região Metropolitana de Campinas (RMC) – SP, no período de 1959/60 a 1998/99.

Foram comparadas as anomalias de precipitação nos anos de 1972/73, 1982/83, 1990/93 e 1997/98, quando ocorreram ENOS de forte magnitude. As investigações foram realizadas em escala sazonal (primavera, verão, outono e inverno), buscando os padrões temporais e espaciais da chuva na área.

O outono foi a estação que apresentou as mais significativas anomalias positivas, de intensidades moderada e forte, observadas em todos os municípios analisados, durante os anos de 1982/83 e 1990/91. A primavera foi bastante influenciada pelo ENOS de 1992/93, com desvios positivos fracos e moderados. O inverno foi igualmente afetado pelo evento de 1982/83, ainda que de forma não tão intensa quanto o outono.

Desta forma, ressalta-se novamente os efeitos do ENSO de 1982/83 na elevação dos totais de precipitação da RMC no outono e inverno. Durante dez dias consecutivos ocorreram chuvas na área, resultando em um grande número de desalojados e desabrigados, além das perdas econômicas decorrentes dos alagamentos.

O ENSO de 1997/98, também de magnitude forte, não influenciou os padrões sazonais da precipitação.

## INTRODUÇÃO

A probabilidade de uma sociedade diminuir a vulnerabilidade frente aos acidente naturais, está diretamente vinculada à sua capacidade de prevenir-se, absorver e amenizar os impactos decorrentes da oscilação dos padrões dos sistemas ambientais do local. O conhecimento dos processos físicos que resultam nos padrões climáticos, geomorfológicos, hidrológicos, da área é fundamental na estruturação de comportamentos por parte da população e no planejamento de medidas preventivas, minimizadoras e mitigadoras pelos aos órgãos públicos competentes.

[1]Universidade Estadual de Campinas, Mestre em Geografia.
[2]Universidade Estadual de Campinas, Professora Doutora, Departamento de Geografia.

Considerando as características físicas de uma região, a dinâmica climática está entre as de mais difícil compreensão e previsão, dado o elevado número de váriáveis componentes e a complexa inter-relação que ocorre entre elas e que resultam em variados tipos de tempo.

Os fenômenos que atuam na circulação geral da atmosfera influenciam diretamente a escala local, onde seus impactos são percebidos pelo homem. Diversas pesquisas têm sido realizadas sobre os fenômenos de macro e meso escala que influenciam na circulação climática global buscando padrões e conexões. Dentre os mais investigados encontra-se o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), que reflete a interação entre o Oceano Pacífico tropical e a atmosfera circundante, sendo que os eventos El Niño e La Niña representam fases opostas do ENOS. O El Niño refere-se a fase quente (ou positiva) do fenômeno, quando as águas do Pacífico tropical apresentam temperaturas anomalamente elevadas e influenciam os gradientes de pressão atmosférica, que tende a tornar-se mais baixa sobre o Pacífico oriental (região da Indonésia e norte da Austrália) e mais alta sobre o Pacífico ocidental, ocorrendo o inverso durante a La Niña, que corresponde a fase fria (ou negativa). Esta flutuação nas pressões atmosféricas entre o leste e o oeste do Pacífico tropical é denominada Oscilação Sul, ou apenas OS (Intenational Research Institute for Climate Prediction, 2005).

Entre as alterações decorrentes do ENOS, pode-se citar a diminuição da intensidade dos alísios, em consequência da diminuição da pressão ao nível do mar durante a fase quente, que associada ao aquecimento das águas do Pacífico, interferem na circulação atmosférica e nos padrões de transporte de umidade, que se refletirá na dinâmica das precipitações de várias regiões (OLIVEIRA, 2001). Em anos de El Niño, no Brasil em particular, a região Sul apresenta anomalias positivas de precipitação (ROPELEWSK e HALPERT,1987), sendo que na primavera foi observada uma significativa correlação entre a chuva na região e os IOS (RAO e HADA,1990); em contrapartida a região Nordeste sofre com secas severas (KAYANO e MOURA,1986). Na região Sudeste, sobre o norte do estado de São Paulo, foi detectado uma transição de sinal que divide o padrão de precipitação da faixa leste do país, com anomalias positivas ao sul de 22,5oS e negativas ao norte (COELHO et al, 1999), e ainda neste Estado, as anomalias positivas são mais pronunciadas no outono e no inverno (NUNES,1997).

Embora a ciclicidade do fenômeno seja razoavelmente conhecida, os padrões de circulação oceânico-atmosférica são distintos entre si (KAYANO e MOURA,1986; COELHO et al,1999), dificultando medidas preventivas em relação aos impactos decorrentes.

Considerando que a atuação do ENOS causa mudanças nos padrões habituais de precipitação, e portanto, geram impactos para as comunidades atingidas, este trabalho têm como objetivo investigar a precipitação na Região Metropolitana de Campinas (RMC) em anos de 1972/73, 1982/83 3 1997/98, quando houve atuação de El Niño de forte magnitude, observando possíveis padrões espaciais das anomalias.

Ressalta-se que serão enfatizados os anos de ocorrência da fase positiva do fenômeno, que conforme investigações já realizadas (FONSECA, 2002), reflete-se de forma mais pronunciada na área em seus eventos particularmente fortes.

A Região Metropolitana de Campinas (RMC) é composta por dezenove municípios, que ocupam uma área de aproximadamente 3.673km2, entre entre as latitudes 22o30’ e 23o15’ S, e longitudes 46o30’ e 47o00’W, no estado de São Paulo (figura 1).

A riqueza gerada pelas lavouras de café entre meados do século XIX e início do XX foi investida nas indústrias a partir de 1930. Desde de então, a economia urbano industrial adquiriu predominância na área, refletindo-se na organização espacial das cidades da região, que passaram por rápida e acentuada expansão de suas respectivas manchas urbanas, para acomodar o grande contingente populacional atraído pelos empregos, e principalmente, para criar condições espaciais para alocar o capital, gerando uma urbanização “de caráter seletivo e excludente” (FERNANDES et al, 2002). A forma como

ocorreu a urbanização nas cidades da RMC, com a ocupação indiscriminada de áreas de risco, aumenta a vulnerabilidade da população local às oscilações naturais da precipitação.

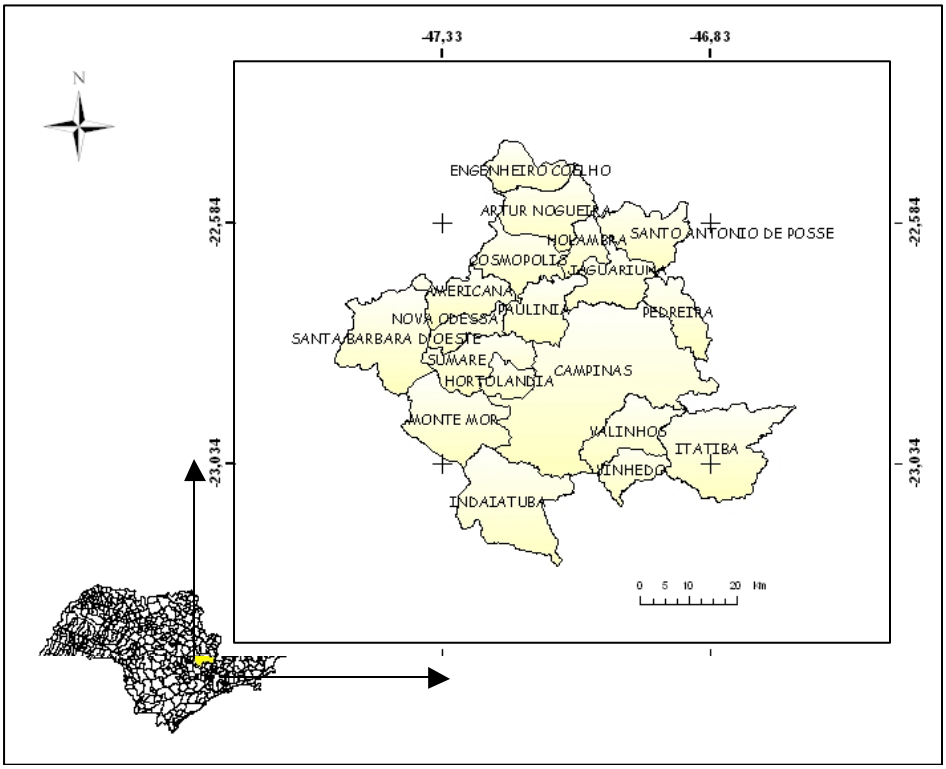


Figura 1 – Localização da Região Metropolitana de Campinas

Localizada em área de transição climática em termos de grande e mesoescalas, a região sofre a influência de diferentes sistemas atmosféricos, e o confronto entre massas tropicais (com características diversas de temperatura e umidade) e extratropicais confere complexidade quanto aos tipos de tempo resultantes.

Na primavera/verão, a Massa Polar (P) tem uma importante atuação na gênese da precipitação em confronto com outras massas, propiciando condições de frontogênese. Quando as pressões encontram-se mais elevadas na porção meridional do continente ocorrem avanços da massa polar com maior freqüência, e há desempenho mais prolongado da Frente Polar Reflexa (FPR), propiciando períodos chuvosos e instáveis. As condições de estabilidade retornam com o domínio do sistema Polar Velho (Pv) ou do sistema Tropical Atlântico (Ta). O Ta avança sobre o continente quando as pressões estão reduzidas ao sul, trazendo altas temperaturas e diminuindo a umidade relativa do ar. As frontogêneses, nessa situação, são moderadas na altura do Rio da Prata devido às pressões reduzidas da Polar Atlântica (Pa), e a frente apresenta-se ondulada e com calhas induzidas, com tempo instável ao longo destas. Em ocasiões com domínio da Tc, a região experimenta condições de estabilidade, altas temperaturas e diminuição da precipitação, que ocorrem neste quadro devido à convecção local. No período de outono/inverno, apesar de incomuns, acontecem episódios pluviais intensos decorrentes da passagem mais constante de frentes derivadas das frontogêneses nas latitudes tropicais, mesmo ressaltando que a característica principal dessas estações é a estabilidade e baixa umidade devido a predominância dos sistemas anticiclônicos Pv e Ta (TAVARES, 1974).

No ano de 1982/83, a precipitação da RMC apresentou significativa elevação (VICENTE, 2005), e durante as ocorrências de forte magnitude há um ligeiro aumento na temperatua (FONSECA, 2002).

## MÉTODOS e TÉCNICAS

Para a análise de possíveis reflexos da atuação do El Niño no padrão da precipitação na RMC, foram utilizados dados pluviométricos de onze postos de coleta (figura 2) alocados nos municípios da região, disponibilizados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), considerando o período de 1959 a 1999.

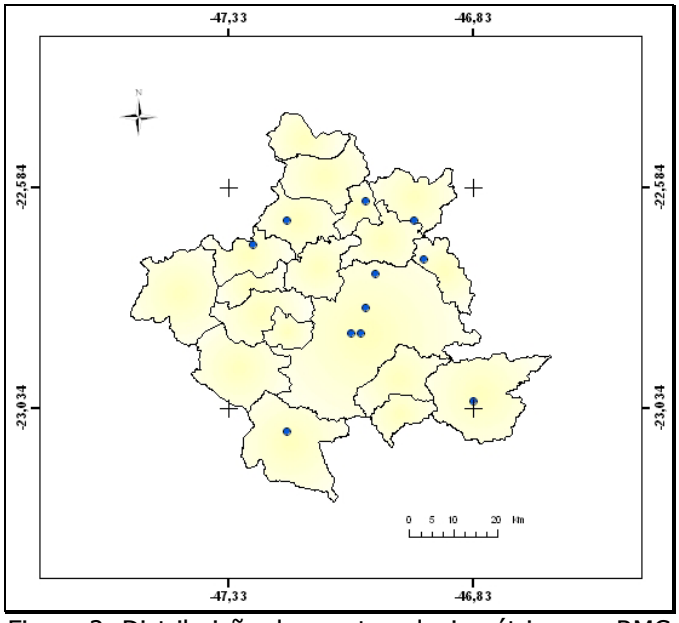


Figura 2- Distribuição dos postos pluviométricos na RMC

Os dados foram agrupados na escala sazonal, considerando:

- primavera: setembro-outubro-novembro

- verão: dezembro-janeiro-fevereiro

- outono: março-abril-maio

- inverno: junho-julho-agosto

Com o objetivo de investigar-se os anos anômalos e as magnitudes das anomalias, aplicou-se a técnica de padronização, que permite alocar os dados em categorias positivas e negativas. Para efeito de análise, as magnitudes foram classificadas como:

- anomalia negativa fraca : -1,1 a -2,0

- normal: -1,0 a 1,0

- anomalia positiva fraca: 1,1 a 2,0

- anomalia positiva moderada: 2,1 a 3,0

- anomalia positiva forte: 3,1 a 4,0

Em seguida, foram selecionados os anos com atuação do El Niño de forte magnitude objetivando averiguar a repercussão espacial do fenômeno. Existe muita controvérsia sobre a classificação das magnitudes dos episódios, que podem variar de acordo com os critérios usados, como o índice escolhido, a duração da ocorrência, entre outros. Neste trabalho, serão adotados o Índice de Oscilação Sul (IOS) e a proposta de Ropelewski e Halpert (1987) na seleção dos anos a serem analisados.

O IOS mede a OS através da diferença de pressão atmosférica ao nível do mar entre o Taiti e a Ilha de Darwin (norte da Austrália); quando o IOS apresenta valores negativos reflete a atuação do El Niño, e quanto mais alto o valor, mais forte a magnitude do fenômeno.

Considerando os dois critérios, foram selecionados três episódios de El Niño de elevada magnitude (Tabela 1).

Tabela 1- Valores do IOS para os anos selecionados

| | set | out | nov | dez | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1972/73 | -1,6 | -1,2 | -0,5 | -1,6 | -0,5 | -2,0 | 0,2 | -0,2 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | 1,1 |
| 1982/83 | -2,0 | -2,2 | -3,2 | -2,8 | -4,2 | -4,6 | -3,4 | -1,3 | 0,5 | -0,3 | -0,8 | -0,2 |
| 1997/98 | -2,1 | -1,6 | -1,9 | -1,4 | -1,3 | -3,3 | -2,7 | -3,5 | -1,9 | 0,1 | 0,7 | 1,3 |

Fonte: NOAA – http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi <acessado em jun.2005>

Os valores obtidos foram espacializados através do uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) Arc Gis, utilizando-se a krigagem como método de interpolação, visando observar a distribuição espacial da precipitação. A determinação das classes de agrupamento foi estabelecida utilizando-se as magnitudes obtidas através da normalização dos dados.

## RESULTADOS

A análise dos dados permitiu observar as anomalias sazonais positivas e negativas ocorridas nos municípios da RMC durante o período de 1959/60 a 1998/99. Serão destacadas nesta análise as estações que apresentaram anomalias positivas, considerando que investigações já realizadas nos padrões de precipitação da região Sudeste durante episódios de El Niño detectaram alterações relacionadas ao aumento nos totais pluviométricos.

Foram destacados os anos nos quais os valores extremos tiveram significativa representação espacial (no mínimo, 10 dos 11 postos da RMC), pois sendo o El Niño um fenômeno de macro escala, os prováveis reflexos de sua atuação repercutem em uma grande área.

Os anos e as magnitudes variaram de acordo com a estação, conforme mostra a tabela 2.

Na primavera, 1992/93 se sobressaiu com anomalias de fracas a fortes em toda a área. Os IOS apresentaram valores negativos, quando e outubro atingiu –1,5.

Os IOS do verão de 1969/70 chegaram a -1,4 e –1,6, em janeiro e fevereiro respectivamente, refletindo-se nas anomalias de fracas a moderadas em toda a área de estudo, contudo, este é considerado um El Niño de magnitude moderada. O ano de 1998/99 destacou-se nesta estação devido a grande repecussão espacial, embora com anomalias positivas fracas, os IOS registravam valores positivos neste período, e portanto, estas anomalias não são decorrentes de El Niño.

Tabela 2- Estações e anos com anomalia de precipitação

| | anos anômalos | magnitude |
|---|---|---|
| Primavera | 1982/83 | fraca/ moderada |
| | 1992/93 | fraca/ moderada/ forte |
| Verão | 1964/65 | fraca/ moderada |
| | 1969/70 | fraca/ moderada/forte |
| | 1998/99 | fraca |
| Outono | 1982/83 | moderada/ forte |
| | 1986/87 | fraca/ moderada |
| | 1987/88 | fraca/ moderada |
| | 1990/91 | fraca/ moderada/ forte |
| Inverno | 1975/76 | moderada/ forte |
| | 1981/82 | fraca/ moderada |
| | 1982/83 | fraca/ moderada |

O outono de 1982/83 refletiu a atuação de um dos mais fortes episódios do século, refletindo nas fortes anomalias positivas a magnitude do IOS. Merece menção também 1990/91, considerado também um ano de El Niño forte, que se refletiu nas anomalias positivas de chuva em toda a RMC.

No inverno as excepicionalidades positivas mais fortes ocorreram em 1975/76, quando as anomalias moderadas e fortes atingiram todos os municípios da região, em acompanhando os valores negativos dos IOS. Este episódio apresenta a particularidade de ter registrado IOS negativos apenas durante os meses de junho (-0,1), julho (-1,2), agosto (-1,3) e setembro (-1,4) de 1976, e no restante do período os valores foram positivos. Destacam-se também os anos de 1981/82 e 1982/83 em termos de repercussão espacial.

A espacialização dos dados através do SIG permitiu observar a distribuição espacial da precipitação nos municípios da RMC (figura 3) durante três manisfestações fortes do El Niño no período analisado. Os valores normalizados de precipitação sazonal foram relacionados aos IOS registrados no período, visando detectar possíveis correlações entre eles.

-1972/73-primavera: foram registrados valores negativos do IOS neste período, salientando-se setembro com -1,6. Os postos da porção sul registraram anomalias positivas fracas, no restante dos municípios, as magnitudes encontraram-se dentro da normalidade, não refletindo o valor negativo do IOS do período.

-1972/73-verão: o IOS continuou negativo em dezembro e fevereiro, sendo que em fevereiro chegou a -2,0, mas a área apresentou anomalias negativas fracas de precipitação nas porções norte e central, e nas demais os padrões foram normais.

-1972/73-outono: todos os postos registraram magnitudes normais de chuva, acompanhando o IOS, que não obstante apresentar valor negativo em março, foi bem inferior em relação aos meses precedentes.

-1972/73-inverno: o mesmo padrão espacial do outono foi observado nesta ocasião, e os IOS dos meses de inverno tiveram números positivos entre 0,8 e 1,1.

-1982/83-primavera: foram observadas anomalias positivas fracas nas áreas oeste, parte da central e nordeste, não correspondendo às altas taxas negativas do IOS; as partes norte e sul, contudo, tiveram seus valores elencados como normais.

-1982/83-verão: em janeiro e fevereiro de deste período ocorreram os mais altos valores negativos dos IOS da série histórica de 1951 a 2004 (www.cpc.ncep.noaa.gov,<acessado em jun.2005>); contudo, este fato não se refletiu de maneira tão intensa na pluviosidade da área. Observou-se anomalias negativas de fraca magnitude na porção noroeste, e positivas fracas na maior parte da área restante, com exceção aos postos da região nordeste, que tiveram anomalias positivas moderadas.

-1982/83-outono: estação mais afetada pela atuação do fenômeno, em termos de anomalias positivas de precipitação, quando todos os postos da região apresentaram

anomalias moderadas (porção norte) ou fortes (porção sul). As taxas do IOS foram negativas em março e abril, e bastante alta no primeiro:-3,4.

-1982/83-inverno: as magnitudes declinaram ligeiramente em relação ao outono, mas a área ainda permaneceu sob registro de anomalias positivas fracas em quase todo território, e moderadas no extremo sul. Os IOS permaneceram negativos.

-1997/98-primavera: os altos IOS negativos não evidenciaram-se de forma contundente na precipitação da RMC. A maior parte da área registrou padrões normais de magnitude, e somente os postos a oeste tiveram anomalias positivas fracas, enquanto que em Jaguariúna (nordeste), ocorreu anomalia negativa de fraca intensidade.

-1997/98-verão: os IOS continuaram negativos, elevando-se a -3,3 em fevereiro. A exemplo da estação anterior, apenas uma pequena área á oeste registrou anomalias positivas de fraca magnitude, e no restante do território não houve anomalias.

-1997/98-outono: as altas taxas dos IOS da temporada não influenciaram a precipitação, as magnitudes obtidas foram normais todos os municípios, com exceção de uma diminuta porção à noroeste que teve anomalias positivas de baixa magnitude.

-1997/98-inverno: esta estação foi marcada pelos valores positivos dos IOS, sendo registrado em agosto 1,3, o que pode ter se evidenciado nas anomalias negativas fracas registradas em 2 postos da área, que entretanto não possuem continuidade espacial. As magnitudes de quase toda a área estiveram no padrão normal.

Através das análises realizadas, é possível observar que a RMC sofreu forte influência do El Ninõ de 1982/83, com registro de anomalias positivas em todas as estações, com destaque para o outono e o inverno, que além de apresentarem excepcionalidades moderadas e forte, influenciou anomalias positivas em toda a área. Esse padrão sazonal corrobora as conclusões de Fonseca (2002) para a RMC e de Nunes (1997) para o estado de São Paulo.

Embora os mais altos IOS tenham sido registrados no verão (dezembro-janeiro-fevereiro), a repercussão na precipitação na área foi verificada no outono, com as mais altas anomalias positivas da série histórica de 1959/60 a 1998/99. Os demais anos não registraram dinâmica análoga, as taxas negativas de IOS no verão não geraram outonos ou invernos excepcionalmente chuvosos.

A primavera foi a estação em que ocorreram anomalias positivas nos três anos, embora sem um padrão espacial comum, com uma configuração bastante divergente das demais a cada episódio e não sendo registrada em todo o território.

O posto de Pedreira, a nordeste da RMC, apresentou anomalias negativas fracas na primavera, verão e inverno no episódio de 1997/98, sendo exceção o outono, quando a intensidade foi normal, sendo a conformação espacial mais pronunciada.

Considerando as expecionalidades apresentadas na escala sazonal, apenas as anomalias observadas no verão de 1998/99 aparentemente não foi influenciado pela manifestação do El Niño, nas demais estações, em todas as ocorrências significativas espacialmente, os índices de IOS apresentavam valores negativos.

Desta forma, conclui-se que as diferentes manifestações do El- Niño Oscilação Sul em sua fase quente repercutiram de forma diferente na precipitação da RMC no período de 1959/60 a 1998/99, indo ao encontro das investigações realizadas em escala regional para o Sudeste brasileiro.

Tal fato dificulta sobremaneira a medidas preventivas em relação ao fenômeno, pois mesmo nos dois episódios similares em termos de magnitude, a repercussão espacial em cada ocasião foi bastante diferente, não sendo possível desta forma, que sejam elaborados sistemas de alerta contra alagamentos ou secas, tornando a sociedade mais vulnerável aos episódios extremos.

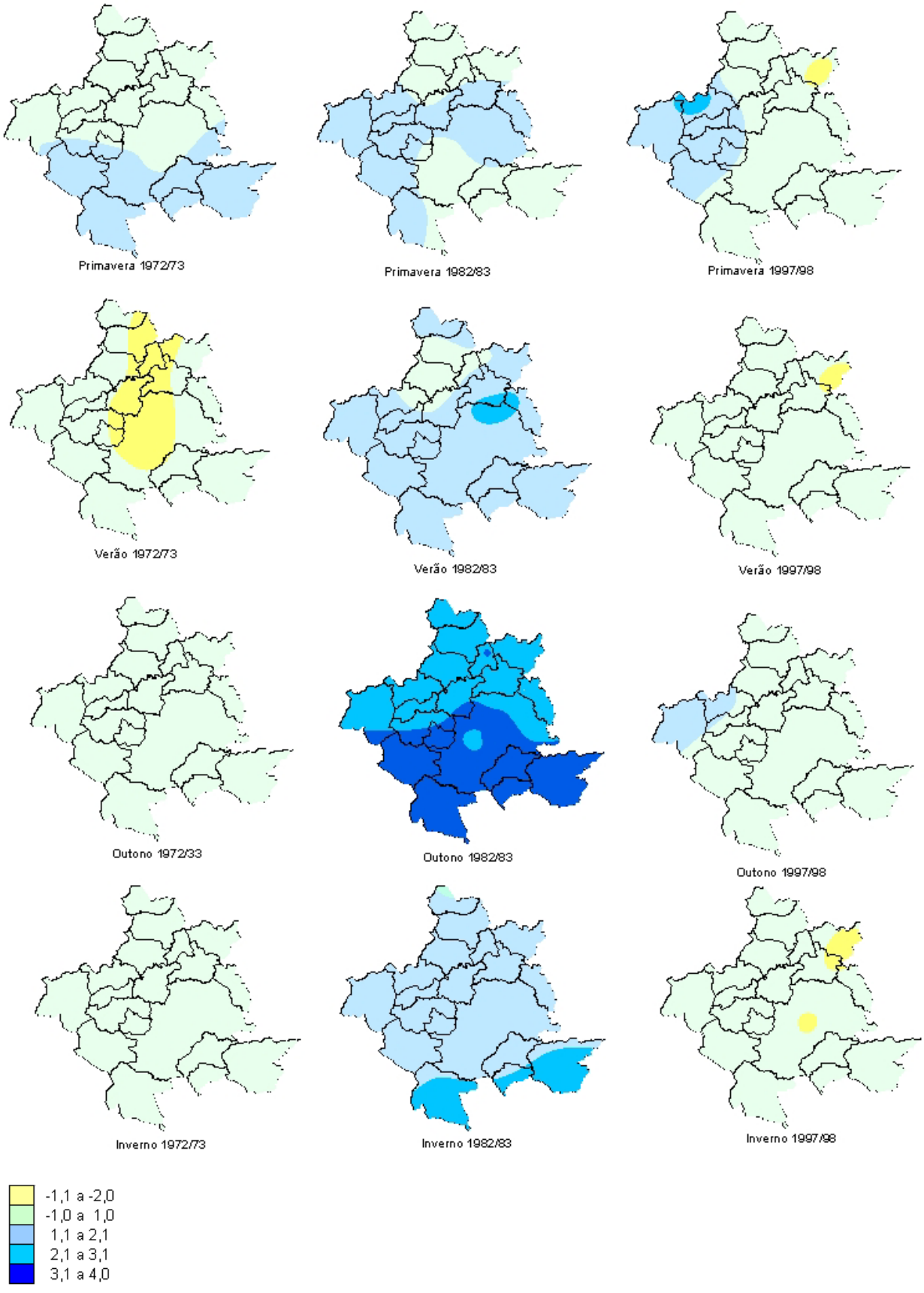


Figura 3- Distribuição espacial e sazonal das anomalias de precipitação na RMC, em anos de El Niño de forte magnitude.

## REFERÊNCIAS

COELHO, C.A.S., AMBRIZZI,T., SAMPAIO G. Estudo climatológico sazonal da precipitação sobre o Brasil em episódios extremos de Oscilação Sul. Revista Brasileira de Meteorologia. v.14, p.49-65, 1999.

Intenational Research Institute for Climate Prediction. Overview of the ENSO System. Disponível em <http://iri.columbia.edu/climate/ENSO>

FERNANDES, A.C.A., BRANDÃO, C.A., CANO, W. A Região Metropolitana de Campinas - Análise integrada. In: CANO, W.; BRANDÃO, C.A. A Região metropolitana de Campinas: urbanização, economia, finanças e meio ambiente. Campinas: Ed. da UNICAMP, 2002. v.1, 439p.

FONSECA, M.F. A atuação do fenômeno El Niño na Região Metropolitana de Campinas: influência na temperatura e no regime de chuvas. 2002. 28 p. Relatório final (Iniciação científica) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

KAYANO, M.T.; MOURA, A.D. O El Niño e a precipitação sobre a América do Sul. Revista Brasileira de Geofísica, v.4, p.201-214, 1986.

National Oceanic & Atmospheric Administration. NOAA – http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi <acessado em jun.2005>

NUNES, L.H. Distribuição espaço-temporal da pluviosidade no Estado de São Paulo: variabilidades, tendências, processos intervenientes. 1997. 192p. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica de Engenharia. Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, G.S. El Niño e Você - o fenômeno climático. São José dos Campos:Transtec, 2001.

RAO, V.B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with thr Southern Oscillation. Theoretical and applied Climatology, v.42, p.81-91, 1990.

ROPELEWSKI, C.F.; HALPERT, M.S.Global and regional scale associated with El Niño/Southern Oscillation. Monthly Weather Review, v.115, n.8, p.1606-26, 1987.

TAVARES, A.C. O clima local de Campinas: introdução ao estudo do clima urbano. 1974. 186 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

VICENTE, A.K. Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas. 2005. 143p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.